UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

RÉGLEMENTATION ET TECHNOLOGIE DANS L'INDUSTRIE DU TRANSPORT PAR CAMION : UNE PRÉSENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE*

par

Robert Gagné**

* Nous tenons à remercier Georges Dionne pour ses commentaires judicieux de même que le Fonds F.C.A.R.-Action concertée (Transport des marchandises) et Transports Canada pour leur aide financière.

** Département de Sciences économiques et Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

Cette étude a été publiée grâce à une subvention du fonds F.C.A.R. pour la l'aide et le soutien à recherche.

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication #558

Février 1988

Dépôt légal - 1er trimestre 1988

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous présentons la méthodologie théorique et empirique utilisée pour l'analyse de la structure de la technologie de l'industrie du transport par camion. Ainsi, partant du théorème de la dualité de Shephard, nous montrons comment il est possible, à partir de l'estimation économétrique d'une fonction de coût, de connaître la technologie des entreprises de transport par camion (i.e. la manière dont ces dernières transforment les intrants en services de transport). Nous présentons trois applications concernant les effets de la réglementation de l'industrie du transport par camion, soit : l'analyse des rendements d'échelle, des bénéficiaires de la réglementation et du progrès technique.

Mots-clés : fonction de coût; technologie; réglementation; transport par camion.

- - - - - - - - -

ABSTRACT

This paper concerns the methodology used to analyse the technology of the trucking industry and also its theoretical background. After having presented the theoretical background, the methodology itself and its particular application to the trucking industry are described. We also present three possible uses of this methodology: the analyses of returns to scale, productivity growth, and beneficiaries of regulation.

Key words : cost function; technology; regulation; trucking industry.

INTRODUCTION

Le projet de déréglementation de l'industrie du transport par camion aux États-Unis a amené la publication d'un nombre important d'études visant à analyser les effets de la réglementation sur l'industrie et aussi les effets possibles d'une déréglementation de cette dernière. Ces études, pour la plupart, tentaient de répondre à l'une des trois questions suivantes : 1) quelle est la structure industrielle qui émergera suite à la déréglementation? 2) quels sont les effets de la réglementation sur le progrès technique dans l'industrie? 3) à qui bénéficie la réglementation? Un survol complet de cette littérature permet de réaliser que pour répondre à ces questions, les chercheurs ont tous utilisés la même méthodologie, soit l'analyse de la structure de la technologie via l'estimation d'une fonction de coût[1]. Dans cet article, nous présentons une synthèse de cette méthodologie, depuis les fondements théoriques jusqu'à l'application empirique. Ainsi, partant du théorème de la dualité, nous introduisons une fonction de coût multi-produit avec des mesures de qualités associées à chacune des mesures de production. L'introduction des mesures de qualités se fait par le biais de fonctions hédoniques qui ont pour rôle d'agréger les mesures de production et leurs qualités. Par la suite, nous présentons l'approximation translogarithmique de cette fonction de coût et montrons comment elle peut être utilisée pour l'analyse des rendements d'échelles, du progrès technique et des bénéficiaires de la réglementation dans un contexte où la production est multiple.

Cet article se veut donc une référence pour tous ceux qui désirent entreprendre une analyse de la technologie de l'industrie du transport par camion ou celle d'autres industries. Il peut aussi s'avérer fort utile à ceux qui ont des recommandations à faire ou des décisions à prendre au sujet de la déréglementation des transports au Canada. En effet, une

---

[1] Pour une revue des modèles dans l'industrie du transport aérien, voir Dionne et Gagné (1986).

bonne compréhension de la méthodologie permet d'en mieux saisir les limites et les lacunes et, par conséquent, les limites et lacunes des résultats obtenus de celle-ci.

1. UNE PREMIÈRE APPROCHE À L'ANALYSE DE LA TECHNOLOGIE

L'étude des rendements d'échelle, du progrès technique et des bénéficiaires de la réglementation suppose au préalable une bonne connaissance de la structure de la technologie des entreprises formant l'industrie. L'estimation économétrique d'une fonction de production représentant les combinaisons d'intrants techniquement possibles et efficaces pour la production d'une variété de biens (ou services) semble, a priori, une méthode valable d'analyse de la structure de la technologie. Cependant, deux difficultés majeures viennent invalider cette méthode.

La première difficulté concerne la mesure de la production dans l'industrie du transport par camion. Théoriquement, un bien est défini à partir de sa nature, de ses qualités, du moment où il est disponible et du lieu géographique où il est disponible. Ainsi, pour une entreprise de transport par camion, le transport d'ordinateurs entre Montréal et Québec constitue un type de production différent du transport de plaques d'acier entre Montréal et Toronto. Les entreprises de transport par camion produisent donc une variété imposante de services. Pour tenir compte de cette diversité, il faudrait estimer une fonction de production multi-produit avec des mesures de production aussi variées que celles effectivement produites par la firme. Or, outre le peu de degrés de liberté que laisserait l'estimation d'une telle fonction, les données disponibles limitent considérablement les choix des mesures de production. La plupart du temps, ces dernières se limitent au nombre total de tonnes-kilomètres transportées par l'entreprise au cours d'une année et ce, pour chaque catégorie de biens transportés.[1]

---

[1] Statistique Canada, par exemple, utilise six catégories de biens.

Une solution à ce problème consiste à utiliser des mesures agrégées de la production. Cependant, deux mesures agrégées et en apparence équivalentes de production peuvent représenter des productions effectives de nature fort différentes nécessitant des combinaisons différentes d'intrants dans chaque cas. Par exemple, une entreprise effectuant dix expéditions de dix tonnes sur un kilomètre a une production totale de cent tonnes-kilomètres, alors qu'une autre effectuant une seule expédition d'une tonne sur cent kilomètres a aussi une production totale mesurée de cent tonnes-kilomètres, bien qu'en fait la nature de sa production soit fort différente. Les mesures agrégées de la production doivent donc tenir compte des qualités inhérentes de chaque type de service que produit l'entreprise (distance moyenne, poids moyen, types de biens transportés, etc.).

Afin de tenir compte des difficultés d'agrégation propres aux transports et en particulier au transport par camion, Spady et Friedlaender (1978) proposent d'utiliser une fonction hédonique ayant pour rôle d'agréger les mesures de production et leurs qualités. Ainsi, en supposant qu'une entreprise utilise M intrants (x_m) pour la production de K extrants (y_k) suivant la fonction de production

$$f(y_1, \ldots, y_K; x_1, \ldots, x_M) = 0 , \qquad (1.1)$$

nous pouvons agréger les différentes mesures de production en un vecteur de mesures hédoniques de la production $\Psi = (\Psi_1, \ldots, \Psi_N)$ à l'aide des fonctions hédoniques suivantes :

$$\Psi_n = \Phi_n(y_n, q_n), \qquad n = 1, \ldots, N \qquad (1.2)$$

où y_n est un agrégat obtenu à partir d'un sous-ensemble des mesures "effectives" (y_k) de la production;[1]

---

[1] Les K mesures effectives de production sont agrégées en N mesures hédoniques.

$q_n = [q_1^n, q_2^n, \ldots, q_R^n]$ représente le vecteur des qualités associées à l'extrant agrégé y_n (chaque y_n possède R qualités associées).

Les fonctions $\Phi_n(y_n, q_n)$ constituent des agrégations acceptables si et seulement si la fonction

$$F(\Psi_1, \ldots, \Psi_N; x_1, \ldots, x_M) = 0 \qquad (1.3)$$

est équivalente à la fonction de production 1.1 (Spady et Friedlaender (1976)). Il nous faut donc déterminer la forme fonctionnelle des fonctions Φ_n assurant l'équivalence entre les fonctions 1.1 et 1.3. Spady et Friedlaender (1976) soutiennent que si les fonctions Φ_n possèdent les propriétés qui suivent alors la condition d'équivalence sera respectée, soit :

i) $\Phi_n(0, q_n) = 0$ et $\Phi_n(y_n, q_n) > 0$ pour $y_n > 0$ et $q_n > 0$;

ii) $\Phi_n(y_n, q_n)$ est une fonction homogène de degré un en y_n pour un vecteur q_n donné;

iii) $\Phi(y_n, q_n)$ est une fonction monotone non-décroissante par rapport à q_n.

La propriété (i) signifie que la mesure hédonique de la production est nulle (positive) lorsque la mesure effective de la production est nulle (positive). La propriété (ii) implique qu'en doublant les mesures effectives de la production on double aussi les mesures hédoniques. Toutefois, le fait de doubler les qualités associées n'implique pas que la mesure hédonique de la production double. Enfin, la propriété (iii) signifie qu'à production effective donnée, une augmentation des qualités ne peut entraîner une baisse de la mesure hédonique de la production.

Une fois résolu le problème d'agrégation des mesures de production un autre problème demeure : l'estimation économétrique de la fonction de production. L'estimation de la fonction de production suppose l'ajout d'un terme d'erreur aléatoire à la fonction 1.3 si bien que cette dernière se récrit maintenant

$$F(\Psi_1, \ldots, \Psi_N; x_1, \ldots, x_M) + e = 0 , \qquad (1.4)$$

où e est un terme d'erreur aléatoire de moyenne nulle et de variance finie.

De manière générale, si les variables x_m (intrants) sont non corrélées avec le terme d'erreur aléatoire, l'estimation de 1.4 par la méthode des moindres carrés ordinaires donnera des estimations non-biaisées des paramètres de la fonction. Cependant, il y a peu de chances que cela soit le cas. En effet, le terme d'erreur aléatoire représente l'effet cumulé de toutes les variables déterminant la production n'apparaissant pas dans la fonction 1.4. Ainsi, dans le cas où le directeur de l'entreprise observe certaines variables qui influencent son choix d'intrants, mais que ces variables ne sont pas observées par les analystes estimant la fonction de production, alors il y a de fortes raisons de douter de l'indépendance entre le terme d'erreur aléatoire et les variables explicatives (x_m). Par exemple, lorsque le directeur observe un changement dans la qualité d'un des intrants, ce dernier modifie la composition des intrants en fonction de la variation de qualité d'un de ceux-ci. L'effet sur le niveau de production du changement dans la qualité d'un des intrants (changement qui n'est pas observé) est contenu dans le terme d'erreur aléatoire et le choix des intrants est en partie dû lui aussi à ce changement, si bien qu'il y a corrélation entre le terme d'erreur et les variables explicatives (x_m), corrélation qui a pour effet de biaiser les résultats obtenus (Varian, 1984, chap. 4).

Tout porte à croire qu'en pratique, le directeur d'une entreprise de transport par camion observe certaines variables influençant le choix des intrants et que ces variables ne sont pas observables par les analystes. Dans ces conditions, l'estimation directe d'une fonction de production peut mener à des conclusions erronnées. Pour contrer cette difficulté, nous appliquons le principe de la dualité existant entre la fonction de production et la fonction de coût. Cette façon de procéder nous permettra d'obtenir la technologie sans biais.

2. L'APPROCHE DUALE À L'ANALYSE DE LA TECHNOLOGIE

Le théorème de la dualité, tel qu'énoncé par Shephard (1953) puis repris par Diewert (1974, 1982) et McFadden (1978), montre, sous certaines hypothèses, la correspondance entre la fonction de production et la fonction de coût. Autrement dit, toute l'information pertinente concernant la technologie contenue dans la fonction de production est aussi contenue dans la fonction de coût. L'avantage d'utiliser la fonction de coût tient du fait que cette dernière est facilement estimable du point de vue économétrique et possède des arguments plus facilement observables. Pour établir la dualité entre la fonction de coût et la fonction de production, il est nécessaire d'employer plusieurs concepts mathématiques et hypothèses. Le lecteur intéressé par cet aspect peut consulter Nadiri (1982), Diewert (1982) ou McFadden (1978); ici nous ne ferons qu'exposer les résultats du théorème de la dualité.

2.1 La fonction de coût : définitions et propriétés

Lorsque la fonction de production satisfait certaines conditions de régularité (voir Diewert (1982), p. 537) alors correspond à cette fonction de production une fonction de coût qui nous donne le coût minimum de produire Ψ lorsque les prix des intrants sont w étant donné la contrainte

technologique F, soit[1]:

$$C(\Psi, w) = \min_{x}\{w'x : F(\Psi, x)=0\} \qquad (2.1)$$

où

$w = (w_1, \ldots, w_M)$ est le vecteur de prix des intrants;

$x = (x_1, \ldots, x_M)$ et $\Psi=(\Psi_1, \ldots, \Psi_N)$ sont définis comme précédemment.

La fonction de coût 2.1 possède, sous l'hypothèse de régularité de la fonction de production, les propriétés suivantes (Diewert, 1982) :

Propriété 1

C est une fonction non négative :

$$C(\Psi, w) \geq 0 \qquad \text{pour } w_m > 0, \quad m=1, \ldots, M.$$

Propriété 2

C est une fonction homogène de degré 1 par rapport à chacun des éléments de w :

$$C(\Psi, \lambda w) = \lambda\, C(\Psi, w) \text{ pour } w_m > 0, \quad m=1, \ldots, M \text{ et } \lambda > 0.$$

Propriété 3

C est une fonction non décroissante par rapport à chacun des éléments de w : $C(\Psi, w_1) \geq C(\Psi, w_0)$ pour $w_1 > w_0$.

Propriété 4

C est une fonction concave par rapport à chacun des éléments de w :

$$C(\Psi, \alpha w_0 + (1-\alpha)w_1) \geq \alpha C(\Psi, w_0) + (1-\alpha)\, C(\Psi, w_1)$$

pour $w_0, w_1 > 0$ et $0 \leq \alpha \leq 1$.

---

[1] $C(\Psi, w)$ est une fonction de coût de long terme. Nous ne considérons pas la fonction de coût de court terme, puisqu'une des caractéristiques des entreprises de transport par camion est de pouvoir ajuster rapidement la capacité de production aux fluctuations de la demande. Nous supposons donc que les quantités employées d'intrants sont toujours celles qui minimisent les coûts totaux de produire Ψ.

Propriété 5

C est une fonction continue par rapport à chacun des éléments de w pour $w_m > 0$, m=1, ..., M.

Propriété 6

C est une fonction non décroisante par rapport à chacun des éléments de Ψ pour un vecteur w donné :

$$C(\Psi_1, w) \geq C(\Psi_0, w) \quad \text{pour } \Psi_1 = \Phi(y_1, q),\ \Psi_0 = \Phi(y_0, q) \text{ et } y_1 > y_0.$$

Propriété 7

C est une fonction continue par rapport à chacun des éléments de Ψ pour $\Psi_n > 0$, n=1, ..., N.

Si la fonction de coût est vraiment duale à la fonction de production, alors on doit pouvoir retrouver cette dernière à partir de la fonction de coût. Formellement :

$$\tilde{F}(\Psi, x) = \max_{\Psi}\{\Psi : w'x \geq C(\Psi, w)\} \text{ pour tout } w_m > 0,\ m=1, \ldots, M\ . \quad (2.2)$$

Encore ici, sous certaines hypothèses de régularité de la fonction de production, Diewert (1982) démontre que les fonctions F et $\tilde{F}$ coïncident. Il y a donc une correspondance unique entre les fonctions de coût et de production et toute l'information pertinente concernant la technologie peut être obtenue avec l'une ou l'autre des fonctions, d'où la dualité.

À toute fonction de coût possédant les propriétés 1 à 7 et différentiable par rapport à chacun des éléments de w est associé un vecteur de fonctions de demandes d'intrants (lemme de Shephard (1953)), soit :

$$x_m(\Psi^*, w^*) = \partial C(\Psi^*, w^*)/\partial w_m,\ m=1, \ldots, M\ , \quad (2.3)$$

où $x_m(\Psi^*, w^*)$ est la demande de l'intrant m qui minimise les coûts de produire Ψ^* lorsque les prix des intrants sont w^*. D'un point de vue économétrique, ce résultat est très utile. En effet, il permet d'associer à toute forme fonctionnelle différentiable d'une fonction de coût possédant les

propriétés 1 à 7 les fonctions de demandes d'intrants et ce, sans connaître la fonction de production sous-jacente F.

Certaines propriétés de la fonction de coût impliquent des propriétés particulières pour les fonctions de demandes d'intrants telles que définies par 2.3. Supposons que la fonction $C(\Psi, w)$ est au moins deux fois continûment différentiable par rapport à Ψ et w au point (Ψ^*, w^*). Par le lemme de Shephard, on sait que les fonctions de demandes d'intrants $(x_m(\Psi^*, w^*),\ m=1, \ldots, M)$ existent au point (Ψ^*, w^*) et sont données par les dérivées premières de la fonction de coût. Ainsi, l'hypothèse que $C(\Psi, w)$ soit au moins deux fois continûment différentiable implique que les fonctions $x_m(\Psi^*, w^*)$, $m=1, \ldots, M$, existent et sont au moins une fois continûment différentiables au point (Ψ^*, w^*).

À partir des dérivées premières des fonctions $x_m(\Psi^*, w^*)$, $m=1,\ldots,M$, on peut former la matrice Hessienne (MxM) de la fonction de coût, soit :

$$[\partial x_m(\Psi^*, w^*)/\partial w_s] = [\partial^2 C(\Psi^*, w^*)/\partial w_m\, \partial w_s], \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ s=1,\ldots,M \end{matrix} . \tag{2.4}$$

L'hypothèse que $C(\Psi^*, w^*)$ est deux fois continûment différentiable implique, par le théorème de Young, que la matrice Hessienne (2.4) est symétrique, si bien que :

$$[\partial x_m(\Psi^*, w^*)/\partial w_s] = [\partial x_m(\Psi^*, w^*)/\partial w_s]' = [\partial x_s(\Psi^*, w^*)/\partial w_m], \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ s=1,\ldots,M \end{matrix} . \tag{2.5}$$

De plus, comme $C(\Psi, w)$ est concave en w alors la matrice Hessienne de $C(\Psi, w)$ est une matrice négative semi-définie, donc :

$$z'[\partial x_m(\Psi^*, w^*)/\partial w_s]z \leq 0, \text{ pour tout } z(Mx1), \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ s=1,\ldots,M \end{matrix} . \tag{2.6}$$

En particulier, si $z=e_m$, e_m étant le $m^{ième}$ vecteur unitaire, alors :

$$\partial x_m(\Psi^*, w^*)/\partial w_m < 0, \quad m=1,\ldots,M. \tag{2.7}$$

La relation 2.7 signifie que la fonction de demande du $m^{ième}$ intrant est non croissante par rapport au prix de cet intrant. Par ailleurs, comme $C(\Psi, w)$ est homogène de degré un en w, alors $C(\Psi^*, \lambda w^*) = \lambda C(\Psi^*, w^*)$ pour $\lambda > 0$. Prenant la dérivée partielle de cette dernière égalité par rapport à w_m nous obtenons :

$$\partial C(\Psi^*, \lambda w^*)/\partial \lambda w_m = \partial C(\Psi^*, w^*)/\partial w_m, \quad m=1,\ldots,M. \tag{2.8}$$

Prenant maintenant la dérivée de 2.8 par rapport à λ, nous obtenons (pour $\lambda=1$) :

$$\sum_{s=1}^{M} w_s^*(\partial^2 C(\Psi^*, w^*)/\partial w_m \, \partial w_s) = 0, \quad m=1,\ldots,M. \tag{2.9}$$

Par 2.4, nous pouvons récrire 2.9 de la façon suivante :

$$\sum_{s=1}^{M} w_s^*(\partial x_m(\Psi^*, w^*)/\partial w_s) = 0, \qquad m=1,\ldots,M. \tag{2.10}$$

Cette dernière relation implique, avec une inégalité stricte à la relation 2.7 pour au moins un intrant, qu'au moins deux intrants sont substituts dans le processus de production (i.e. tous les intrants ne peuvent être complémentaires).

En dérivant partiellement $C(\Psi^*, \lambda w^*) = \lambda C(\Psi^*, w^*)$ par rapport à Ψ, puis par rapport à λ, on obtient (pour $\lambda=1$) :

$$\sum_{m=1}^{M} w_m^*(\partial^2 C(\Psi^*, w^*)/\partial \Psi_n \, \partial w_m) = \partial C(\Psi^*, w^*)/\partial \Psi_n, \; m=1,\ldots,M\,. \tag{2.11}$$

Puisque

$$\partial^2 C(\bar{y}^*, w^*)/\partial \bar{y}_n \, \partial w_m = \partial^2 C(\bar{y}^*, w^*)/\partial w_m \, \partial \bar{y}_n$$

$$= \partial[\partial C(\bar{y}^*, w^*)/\partial w_m]/\partial \bar{y}_n$$

$$= \partial x_m(\bar{y}^*, w^*)/\partial \bar{y}_n \, ,$$

alors

$$\sum_{m=1}^{M} w_m^*(\partial^2 C(\bar{y}^*, w^*)/\partial \bar{y}_n \, \partial w_m) = \sum_{m=1}^{M} w_m^*(\partial x_m(\bar{y}^*, w^*)/\partial \bar{y}_n) \qquad (2.12)$$

$$= \partial C(\bar{y}^*, w^*)/\partial \bar{y}_n \geq 0, \; n=1,\ldots,N.$$

L'inégalité 2.12 découle de la propriété 6 de la fonction de coût et signifie que les changements dans les demandes d'intrants induits par une augmentation de la production effective ne peuvent être tous négatifs; autrement dit les intrants ne peuvent être tous inférieurs[1].

Enfin, l'homogénéité de degré un implique par le théorème d'Euler la relation suivante (pour $\lambda=1$) :

$$\sum_{m=1}^{M} w_m^*(\partial C(\bar{y}^*, w^*)/\partial w_m) = C(\bar{y}^*, w^*) \qquad (2.13)$$

2.2 L'approximation translogarithmique d'une fonction de coût

La section précédente nous renseigne sur la nature de la fonction de coût, sur les arguments qu'elle contient et sur les propriétés qu'elle possède mais ne nous dit rien sur la forme fonctionnelle de la fonction. Aux fins de l'estimation économétrique d'une telle fonction, Christensen, Jorgensen et Lau (1973) proposent d'approximer le logarithme de la fonction par une expansion en séries de Taylor autour d'un point. Ce genre d'approximation permet de tester plusieurs hypothèses concernant la nature de la technologie sans introduire trop de rigidités. Ainsi, une telle approximation permet divers tests concernant l'homothéticité de la technologie, admet tous les types de rendements d'échelles de même que des élasticités

---

[1] Cette propriété est valable à niveau donné de qualité de la production effective.

de substitution variables entre les intrants. Enfin, une telle approximation permet l'analyse de la technologie dans le cas d'une production de plusieurs extrants.

Une fonction continue h(x) peut être évaluée à partir de l'expansion en séries de Taylor suivante (autour de x_o) :

$$h(x) = h(x_o) + \sum_{i=1}^{m} h_i(x_o)(x_i - x_{io}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} h_{ij}(x_i - x_{io})(x_j - x_{jo}) \quad (2.14)$$

$$+ \text{termes d'ordres plus élevés,}$$

où

x_i et x_j sont respectivement les éléments i et j du vecteur x des arguments de la fonction h;

$h(x_o)$ représente la valeur de la fonction en $x_o = (x_{1o}, \ldots, x_{io}, \ldots, x_{mo})$;

$h_i(x_o)$ et $h_{ij}(x_o)$ représentent respectivement les dérivées première et seconde de la fonction h par rapport à chacun des éléments du vecteur x évaluées au point x_o.

En général, on considère les termes d'ordre supérieur à 2 comme étant très petits ou nuls, si bien qu'on approxime h(x) par $\bar{h}(x)$:

$$\bar{h}(x) = h(x_o) + \sum_{i=1}^{M} h_i(x_o)(x_i - x_{io}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{M} h_{ij}(x_i - x_{io})(x_j - x_{jo}) \quad (2.15)$$

Considérons maintenant l'approximation de second ordre de la fonction $\ell ng(z)$. On a que :

$$g(z) = g(e^{\ell nz}) \quad (2.16)$$

$$\ell ng(z) = \ell ng(e^{\ell nz}) = h(\ell nz) \quad (2.17)$$

À partir de l'équation 2.14 et en posant $x=\ell n(z)$ on obtient :

$$\bar{h}(x) = \bar{h}(\ell nz) = \ell ng(z) = h(\ell nz_o) + \sum_{i=1}^{m} h_i(\ell nz_o)(\ell nz_i - \ell nz_{io}) \qquad (2.18)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} h_{ij}(\ell nz_o)(\ell nz_i - \ell nz_{io})(\ell nz_j - \ell nz_{jo}) \ .$$

Dans la plupart des cas, on choisit la moyenne des variables comme point autour duquel on approxime la fonction ($z_{io} = \bar{z}_i$).

Une fonction $\bar{h}(x)$ représente une approximation valable de second ordre d'une fonction $h(x)$ si la valeur de $\bar{h}(x)$, son gradient et le Hessien de celle-ci, évalués au point z_o, égalent la valeur, le gradient et le Hessien de $h(x)$ évalués à ce même point, soit :

$$\begin{aligned} \bar{h}(x_o) &= h(x_o) \\ \bar{h}_i(x_o) &= h_i(x_o), \quad i=1,\ldots,n \\ \bar{h}_{ij}(x_o) &= h_{ij}(x_o), \quad i,j=1,\ldots,n \ . \end{aligned} \qquad (2.19)$$

De plus, $\bar{h}(x)$ constitue une forme fonctionnelle dite "flexible" de la fonction $h(x)$ si elle contient un nombre suffisant de paramètres libres pour que la valeur de la fonction, le gradient et le Hessien puissent être quelconques afin de pouvoir satisfaire 2.19 (soit $1+n+n^2$ paramètres libres a priori).

Retournons maintenant à la fonction de coût définie en 2.1. Comme $\Psi_n = \Phi_n(y_n, q_n)$, on peut substituer cette expression dans $C(\Psi, w)$:

$$\begin{aligned} C(\Psi, w) &= C(\Psi_1,\ldots,\Psi_N, w_1,\ldots,w_M) \\ &= C(\Phi_1(y_1, q_1),\ldots, \Phi_N(y_N, q_N), w_1,\ldots,w_M) \\ &= \tilde{C}(y_1,\ldots,y_N, q_1,\ldots,q_N, w_1,\ldots,w_M) \ . \end{aligned} \qquad (2.20)$$

Le logarithme de la fonction $\tilde{C}$ peut être approximé par une expansion en séries de Taylor du type 2.18. Cependant, étant donné la nature multi-produit de $\tilde{C}$, une telle approximation est inutilisable lorsqu'au moins une des mesures de la production (y_n) est nulle. De plus, à une mesure de production (y_n) nulle sont associées des mesures de qualité qui sont aussi nulles. Alors, plutôt que d'utiliser le logarithme des variables y_n et q_u, Caves, Christensen et Tretheway (1980) proposent d'appliquer une transformation Box-Cox sur ces dernières.[1] Compte tenu de ces corrections, correspond, au logarithme de la fonction $\tilde{C}$, l'approximation translogarithmique hybride suivante :

$$\ell n\tilde{C}(y, q, w) = \alpha_0 + \sum_{n=1}^{N} \alpha_n \frac{\left((y_n/\bar{y}_n)^{\Theta_1} - 1\right)}{\Theta_1} + \sum_{m=1}^{M} \beta_m \ell n(w_m/\bar{w}_m)$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} \gamma_u \frac{\left((q_u/\bar{q}_u)^{\Theta_2} - 1\right)}{\Theta_2} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N} \sum_{t=1}^{N} A_{nt} \frac{\left((y_n/\bar{y}_n)^{\Theta_1} - 1\right)}{\Theta_1} \frac{\left((y_t/\bar{y}_t)^{\Theta_1} - 1\right)}{\Theta_1}$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M} \sum_{s=1}^{M} B_{ms} \ell n(w_m/\bar{w}_m) \ell n(w_s/\bar{w}_s)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{u=1}^{U} \sum_{v=1}^{U} C_{uv} \frac{\left((q_u/\bar{q}_u)^{\Theta_2} - 1\right)}{\Theta_2} \frac{\left((q_v/\bar{q}_v)^{\Theta_2} - 1\right)}{\Theta_2}$$

---

[1] La transformation Box-Cox de la variable X est donnée par $(X^{\Theta}-1)/\Theta$ et est définie pour X=0 lorsque $\Theta > 0$. De plus, $\lim_{\Theta \to 0} (X^{\Theta}-1)/\Theta = \ell nX$.

$$+ \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} D_{nm} \frac{\left((y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1} - 1\right)}{\theta_1} \ln(w_m/\bar{w}_m) \qquad (2.21)$$

$$+ \sum_{n=1}^{N} \sum_{u=1}^{U} E_{nu} \frac{\left((y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1} - 1\right)}{\theta_1} \frac{\left((q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2} - 1\right)}{\theta_2}$$

$$+ \sum_{m=1}^{M} \sum_{u=1}^{U} F_{mu} \ln(w_m/\bar{w}_m) \frac{\left((q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2} - 1\right)}{\theta_2}$$

avec $q_u = q_r^n$, $u=1,\ldots,U$, $U=NR$

$n=1,\ldots,N$

$r=1,\ldots,R$

et $\theta_1 > 0$, $\theta_2 > 0$.

Cette fonction constitue une approximation translogarithmique de la fonction de coût multi-produit $\tilde{C}$. En outre, elle admet que certaines mesures de production et de qualité soient nulles.

Pour s'assurer de l'homogénéité de degré 1 de $\tilde{C}$ on impose, au moment d'estimer, les conditions nécessaires et suffisantes suivantes à 2.21:

$$\sum_{m=1}^{M} \beta_m = 1$$

$$\sum_{m=1}^{M} B_{ms} = 0, \quad s=1,\ldots,M \qquad (2.22)$$

$$\sum_{m=1}^{M} D_{nm} = 0, \quad n=1,\ldots,M$$

$$\sum_{m=1}^{M} F_{mu} = 0, \quad u=1,\ldots,U .$$

De plus, par symétrie, on a que (théorème de Young) :

$$\begin{aligned} A_{nt} &= A_{tn} \\ B_{ms} &= B_{sm} \\ C_{uv} &= C_{vu} \end{aligned} \qquad (2.23)$$

À partir de l'équation 2.21 on peut, par le lemme de Shephard, dériver les fonctions de part d'intrants. Ainsi, sachant que

$$\partial \tilde{C}(y, q, w)/\partial w_m = x_m(y, q, w) \quad , \quad m=1,\ldots,M \ , \qquad (2.24)$$

alors,

$$\frac{\partial \ell n \tilde{C}(y, q, w)}{\partial \ell n w_m} = \frac{\partial \tilde{C}(y, q, w)}{\partial w_m} \frac{w_m}{\tilde{C}} = \frac{x_m w_m}{\tilde{C}} \ , \quad m=1,\ldots,M \ . \qquad (2.25)$$

En appliquant la relation 2.25 à la fonction de coût 2.21, on obtient les fonctions de part d'intrants correspondantes, soit :

$$\frac{x_m w_m}{\tilde{C}} = \beta_m + \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{M} B_{ms} \ell n (w_s/\bar{w}_s) + \sum_{n=1}^{N} D_{nm} \frac{(y_u/\bar{y}_u)^{\Theta_1} - 1}{\Theta_1} \qquad (2.26)$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} F_{mu} \frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\Theta_2} - 1}{\Theta_2} \ , \quad m=1,\ldots,M \ .$$

2.3 Estimation économétrique d'une fonction de coût

On peut estimer une fonction de coût telle que définie par 2.21, 2.22 et 2.23 par la méthode des moindres carrés ordinaires. Cependant, l'estimation de la seule fonction de coût néglige l'information contenue dans les fonctions de part d'intrants (2.26). Pour cette raison, Christensen et Greene (1976) proposent d'estimer conjointement la fonction de coût et les fonctions de part d'intrants associées par une méthode due à

Zellner (1962). Le fait de considérer les fonctions de part d'intrants permet d'augmenter le nombre de degrés de libertés puisque les paramètres des fonctions de part sont un sous-ensemble des paramètres de la fonction de coût.

Afin d'estimer la fonction de coût et les fonctions de part d'intrants, on ajoute à chaque équation un terme d'erreur aléatoire. La méthode de Zellner tient compte de la corrélation entre les termes d'erreurs aléatoires d'une même observation (entreprise). Toutefois, comme la somme des parts est toujours égale à un, la somme des termes d'erreurs aléatoires des fonctions de part est égale à zéro, rendant la matrice variance-covariance des erreurs singulière. Pour contourner cette difficulté, Barten (1969) propose de laisser tomber une des fonctions de part et démontre que les résultats obtenus sont invariants de la part qu'on laisse tomber, tant et aussi longtemps que les résultats correspondent à ceux obtenus par une méthode de maximum de vraisemblance. Par ailleurs, Kmenta et Gilbert (1968) ont démontré que la méthode itérative de Zellner donne des résultats correspondant à un maximum de vraisemblance. Ainsi, l'estimation de 2.21 conjointement avec 2.26 par la méthode itérative de Zellner et ce, en laissant tomber une des fonctions de part, constitue une procédure valable qui considère toute l'information disponible.

On a vu à la section 2.1 que la fonction de coût possède de nombreuses propriétés qu'on peut soit tester soit imposer. Parmi ces dernières, soulignons que les conditions 2.22 et 2.23 imposées à la fonction de coût garantissent la propriété 2 (homogénéité de degré 1 en w). Les propriétés 1, 3 et 6 ne peuvent être imposées avant l'estimation mais peuvent faire l'objet de tests une fois les résultats obtenus. Par exemple, la propriété 3 est vérifiée si les parts d'intrants calculées sont positives pour toutes les entreprises composant l'échantillon. L'observation des propriétés 5 et 7 est assurée étant donné la forme fonctionnelle de la

fonction estimée (translogarithmique). Enfin, la concavité en w de la fonction de coût peut être imposée à cette dernière (Jorgensen et Fraumeni (1981)). Toutefois l'imposition d'une telle contrainte peut donner des résultats inacceptables, notamment pour les élasticités de substitution et les élasticités-prix des intrants (Diewert et Wales (1987)). Pour cette raison, il est préférable de vérifier plutôt que d'imposer la concavité de la fonction de coût et ce, pour chaque entreprise de l'échantillon.

Une fonction de coût, au moins deux fois continûment différentiable, est concave en w si la matrice des dérivées secondes de la fonction par rapport à chacun des éléments de w est négative semi-définie (Diewert et Wales (1987)). Étant donné que la fonction 2.21 est une approximation du logarithme de la fonction de coût $\tilde{C}$, on doit pouvoir retrouver à partir de la matrice des dérivées secondes de $\ell n\tilde{C}(y, q, w)$ la matrice des dérivées secondes de $\tilde{C}(y, q, w)$. Ainsi, partant du fait que $\tilde{C}_m = \partial\tilde{C}(y, q, w)/\partial w_m$ et $\tilde{C}_{ms} = \partial^2\tilde{C}(y, q, w)/\partial w_m\, \partial w_s$, on a la relation suivante :

$$\frac{\partial^2 \ell n\tilde{C}(y, q, w)}{\partial \ell n w_m\, \partial \ell n w_s} = \frac{\delta_{ms}\, w_m\, \tilde{C}_m}{\tilde{C}} - \frac{w_m\, w_s\, \tilde{C}_m\, \tilde{C}_s}{(\tilde{C})^2} + \frac{w_m\, w_s\, \tilde{C}_{ms}}{\tilde{C}}, \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ s=1,\ldots,M \end{matrix} . \qquad (2.27)$$

avec $\delta_{ms} = 1$ si $m=s$ et $\delta_{ms} = 0$ si $m\neq s$.

Si bien que

$$\tilde{C}_{ms} = \left[\frac{\partial^2 \ell n\tilde{C}(y, q, w)}{\partial \ell n w_m\, \partial \ell n w_s} + \frac{w_m\, w_s\, \tilde{C}_m\, \tilde{C}_s}{(\tilde{C})^2} - \frac{\delta_{ms}\, w_m\, \tilde{C}_m}{\tilde{C}} \right] \frac{\tilde{C}}{w_m\, w_s}$$

$$\begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ s=1,\ldots,M \end{matrix} \qquad (2.28)$$

avec $\tilde{C}_m = \dfrac{\partial \ell n\tilde{C}(y, q, w)}{\partial \ell n w_m} \dfrac{\tilde{C}}{w_m}$, $\tilde{C}_s = \dfrac{\partial \ell n\tilde{C}(y, q, w)}{\partial \ell n w_s} \dfrac{\tilde{C}}{w_s}$.

La fonction de coût est globalement concave lorsque la matrice $\tilde{C}_{ms}$ est négative semi-définie pour toutes les observations composant l'échantillon. Cependant, il peut arriver que cette propriété ne soit pas vérifiée pour certaines observations. Les résultats obtenus peuvent néanmoins être considérés comme valables (Wales (1977)).

3. L'ANALYSE DE LA RÉGLEMENTATION : TROIS APPLICATIONS À PARTIR DE LA FONCTION DE COUT TRANSLOGARITHMIQUE

3.1 Rendements d'échelle

Le type de rendements d'échelle présents dans l'industrie du transport par camion est une donnée fondamentale pour l'analyse de la réglementation dans cette industrie. Lorsqu'on considère une déréglementation partielle ou totale de l'industrie du transport par camion, la question qui soulève le plus de discussions concerne la structure industrielle qui émergera suite à la déréglementation. La présence de rendements constants ou décroissants permet d'anticiper une concentration industrielle plus faible une fois l'industrie déréglementée. Par contre, des rendements d'échelle croissants laissent anticiper une concentration accrue de l'industrie une fois cette dernière soumise aux lois de la libre concurrence. L'analyse des rendements d'échelle revêt donc une importance particulière.

Les résultats obtenus par l'estimation d'une fonction de coût et des fonctions de part d'intrants qui y sont associées permettent l'analyse en profondeur des rendements d'échelle. En général, les rendements d'échelle sont définis à partir de l'élasticité du coût total par rapport à la production :

$$\varepsilon_{cy} = \partial \ell n \tilde{C}(y, q, w)/\partial \ell n y \ . \qquad (3.1)$$

Baumol, Panzar et Willig (1982) définissent les rendements d'échelle comme étant :

$$S = \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)/(y^* \partial \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y)$$

$$= \frac{1}{(y^* \partial \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y)/\tilde{C}(y^*, q^*, w^*)} \qquad (3.2)$$

$$= \frac{1}{\partial \ell n \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial \ell n y}$$

$$= \frac{1}{\varepsilon_{cy}}$$

où ε_{cy} représente l'élasticité de $\tilde{C}$ par rapport à y au point (y^*, q^*, w^*).

Ainsi, les rendements d'échelle sont croissants, constants ou décroissants selon que S est plus grand, égal ou plus petit que un. La définition 3.2 est opérationnelle dans la mesure où la technologie employée engendre la production d'un seul bien ou service. Lorsque la technologie est multi-produit, une définition alternative des rendements d'échelle doit être employée (Baumol, Panzar et Willig (1982)), soit :

$$S' = \tilde{C}(y^*, q^*, w^*) / \sum_{n=1}^{N} y_n^* \, (\partial \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y_n) \; . \qquad (3.3)$$

Comme $$\frac{\partial \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)}{\partial y_n} = \tilde{C}(y^*, q^*, w^*) \, \frac{\partial \ell n \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)}{\partial y_n} \quad , \qquad (3.4)$$

alors, on peut récrire 3.3 comme suit :

$$S' = 1 \Big/ \sum_{n=1}^{N} y_n^* \, (\partial \ell n \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y_n) \; . \qquad (3.5)$$

Pour la fonction de coût translogarithmique 2.21, la mesure des rendements d'échelle est donnée par :

$$S' = 1 \Big/ \left[\sum_{n=1}^{N} (y_n^*/\bar{y}_n)^{\Theta_1} \left(\alpha_n + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} A_{nt} \frac{\left((y_t^*/\bar{y}_t)^{\Theta_1} - 1\right)}{\Theta_1} + \sum_{m=1}^{M} D_{nm} \ell n(w_m^*/\bar{w}_m) \right.\right.$$

$$\left.\left. + \sum_{u=1}^{U} E_{nu} \frac{\left((q_u^*/\bar{q}_u)^{\Theta_2} - 1\right)}{\Theta_2} \right) \right] \qquad (3.6)$$

Ici encore, la technologie est caractérisée par des rendements d'échelle croissants, constants ou décroissants selon que S' est plus grand, égal ou inférieur à un.

La présence de termes en y, w et q dans l'équation 3.6 indique qu'il est impossible de caractériser globalement les rendements d'échelle, puisque ces derniers varient en fonction du niveau de production, des prix des intrants et des mesures des qualités de la production. Par exemple, les paramètres α_n caractérisent les rendements d'échelle pour une entreprise moyenne, mais ces paramètres ne constituent pas une mesure adéquate des rendements d'échelle pour des entreprises loin de la moyenne.

Pour pallier à cette difficulté, il est plus facile d'analyser les rendements d'échelle à l'aide de la fonction de coût moyen. Ainsi, pour une technologie d'un seul produit, la fonction de coût moyen est donnée par :

$$CM(y, q, w) = \tilde{C}(y, q, w)/y \qquad (3.7)$$

qu'on peut récrire

$$\ell nCM(y, q, w) = \ell n\tilde{C}(y, q, w) - \ell ny \ . \qquad (3.8)$$

L'élasticité du coût moyen par rapport à la production au point (y^*, q^*, w^*) correspond à :

$$\varepsilon_{CM,y} = \frac{\partial \ell n CM(y^*, q^*, w^*)}{\partial \ell n y} = \frac{\partial \ell n \tilde{C}(y^*, q^*, w^*)}{\partial \ell n y} - 1$$

$$= \varepsilon_{cy} - 1 \ . \qquad (3.9)$$

Les rendements sont croissants, constants ou décroissants selon que $\varepsilon_{CM,y}$ est plus petit, égal ou plus grand que zéro. Autrement dit, lorsque la pente de la fonction de coût moyen est négative (nulle ou positive) on est en présence de rendements d'échelle croissants (constants ou décroissants).

Lorsque la technologie est multi-produit, la fonction de coût moyen 3.7 est inopérante. En effet, l'utilisation au dénominateur d'une mesure agrégée de la production entraîne l'addition de quantités pas toujours comparables. Par exemple, dans le domaine du transport par camion, il n'est pas concevable d'additionner ensemble le nombre de tonnes-kilomètres transportées de courrier et de machinerie lourde. Pour cette raison, un concept alternatif de coûts moyens a été suggéré par Baumol, Panzar et Willig (1982) : le coût moyen de rayon ("ray average cost"). Pour introduire ce concept, il faut d'abord définir un vecteur de production composite soit $y^o = (y_1^o, y_2^o, \ldots, y_N^o)$.[1] La fonction de coût moyen de rayon est alors donnée par :

$$CMR(\lambda y^o, q, w) = \tilde{C}(\lambda y^o, q, w)/\lambda, \ \lambda > 0 \ . \qquad (3.10)$$

Cette fonction définit les coûts moyens le long d'un rayon pour lequel les proportions de chaque produit sont constantes à l'intérieur de la production totale. Évidemment, lorsque $\lambda=1$, $CMR(\lambda y^o, q, w)=\tilde{C}(\lambda y^o, q, w)$. À titre exemple, la figure 1 ci-dessous illustre, pour une technologie à deux produits (y_1 et y_2), la fonction de coût moyen de rayon (CMR) et la fonction de coût total et ce, le long d'un rayon (OR) pour lequel chaque produit est en proportion fixe.

---

[1] Le choix du vecteur de production composite est arbitraire.

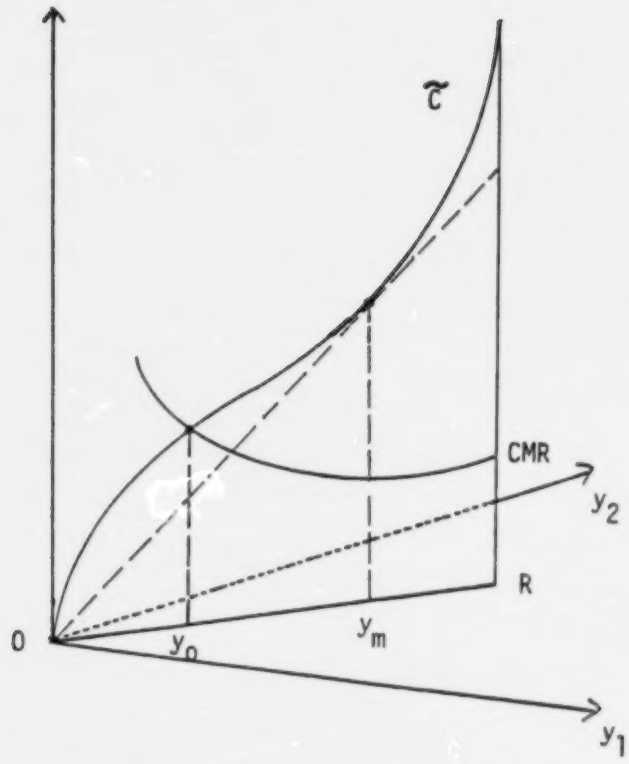

Figure 1 : Fonctions de coût moyen de rayon (CMR) et de coût total ($\tilde{C}$) le long d'un rayon (OR) pour lequel chaque produit est en proportion fixe

On peut, tout comme dans le cas de la production d'un seul produit, relier la fonction de coût moyen de rayon à la mesure des économies d'échelle. D'abord, en transformant sous forme logarithmique 3.10 on obtient :

$$\ell n CMR(\lambda y^o, q, w) = \ell n \tilde{C}(\lambda y^o, q, w) - \ell n \lambda \ . \qquad (3.11)$$

Prenant la dérivée partielle de 3.11 par rapport à $\ell n\lambda$ on obtient l'élasticité du coût moyen de rayon par rapport à λ, soit :

$$\varepsilon_{CMR,\lambda} = \frac{\partial \ell n \tilde{C}(\lambda y^o, q, w)}{\partial\, \ell n \lambda} - 1 = \left[\sum_{n=1}^{N} \frac{\partial \ell n \tilde{C}(\lambda y^o, q, w)}{\partial \lambda y_n^o} \frac{\partial \lambda y_n^o}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial \ell n \lambda} \right] - 1 \ . \qquad (3.12)$$

L'élasticité du coût moyen de rayon par rapport à λ évaluée au point ($\lambda^* y^o$, q^*, w^*) est donc égale à :

$$\varepsilon_{CMR,\lambda} = \left[\sum_{n=1}^{N} \lambda^* y_n^0 \left(\partial \ell n \tilde{C}(\lambda^* y^0, q^*, w^*)/\partial \lambda y_n^0\right) \right] - 1 \qquad (3.13)$$

si bien qu'en posant $y_n^* = \lambda^* y_n^0$ par 3.5 on a que :

$$\varepsilon_{CMR,\lambda} = 1/S' - 1 \, . \qquad (3.14)$$

Tout comme précédemment, selon que $\varepsilon_{CMR,\lambda}$ soit négatif, nul ou positif, les rendements d'échelle sont croissants, constants ou décroissants.

Pour la fonction de coût translogarithmique hybride 2.21, $\varepsilon_{CMR,\lambda}$ est donnée (pour $y_n^* = \lambda^* y_n^0$, $q_u^* = \bar{q}_u$ et $w_m^* = \bar{w}_m$) par :

$$\varepsilon_{CMR,\lambda} = \left[\sum_{n=1}^{N} (\lambda^* y_n^0/\bar{y}_n)^{\Theta_1} \left(\alpha_n + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} A_{nt} \frac{(\lambda^* y_t^0/\bar{y}_t)^{\Theta_1} - 1}{\Theta_1}\right) \right] - 1 \qquad (3.15)$$

La fonction de coût moyen de rayon épouse une forme en U si pour des petites valeurs de λy^0 la valeur de $\varepsilon_{CMR,\lambda}$ est négative avec dans ce cas $S > 1$ et pour des plus grandes valeurs de λy^0, $\varepsilon_{CMR,\lambda}$ prend une valeur positive ou nulle ($S < 1$).

3.2 Bénéficiaires de la réglementation

Le but avoué de la réglementation économique de plusieurs industries par les gouvernements est de protéger les intérêts des consommateurs. Cependant, certains auteurs, dont Stigler (1971) et Peltzman (1976), soutiennent que la réglementation économique est souvent mise en place à la suite de pressions par certains groupes si bien qu'elle servira surtout les intérêts de ces groupes. Ainsi, si un gouvernement décide de réglementer une activité économique où les consommateurs ont peu ou pas de pouvoir en tant que groupe, alors la réglementation risque de bénéficier à un autre groupe que ces derniers.

En général, on distingue parmi trois grands groupes les bénéficiaires potentiels de la réglementation : les détenteurs de facteurs de productions (intrants), les propriétaires d'entreprises et les consommateurs.

Plusieurs études démontrent que les tarifs dans l'industrie du transport par camion sont plus élevés qu'ils ne le seraient sans réglementation.[1] Cependant, il semble que les tarifs élevés n'entraînent pas des profits anormalement élevés mais soient plutôt le fait de coûts élevés à cause du sur-emploi des intrants qu'amène la réglementation. En fait, dans une étude américaine, Moore (1978) soutient que 75 % des coûts de la réglementation transmis aux expéditeurs puis aux consommateurs prennent la forme de transferts de revenus vers la main-d'oeuvre et les détenteurs de capital dans l'industrie du transport par camion.

Au Canada, Kim (1984) partant des résultats de l'estimation d'une fonction de coût translogarithmique arrive à la conclusion que le régime de réglementation économique de l'industrie du transport par camion bénéficie en grande partie aux détenteurs de facteurs de production (notamment la main-d'oeuvre). Pour mener à bien son étude, Kim part de l'hypothèse que la réglementation, en obligeant les retours à vide, des déplacements excessifs des camions et une sous-utilisation de la capacité, entraîne des niveaux de qualité de la production (q_u) plus faibles qu'ils ne le seraient autrement. Ainsi, à partir des paramètres estimés de la fonction de coût translogarithmique, il est possible d'évaluer l'élasticité de la demande de l'intrant x_m par rapport à la qualité de la production q_u. Cette élasticité est donnée par[2]:

$$\eta_{mu} = \gamma_u + \frac{F_{mu}}{\beta_m} \qquad (3.16)$$

où η_{mu} est l'élasticité de l'intrant x_m par rapport à q_u évaluée au point $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$.

γ_u, F_{mu} et β_m sont des paramètres de l'équation 2.21.

---

1 Voir, entre autres, Sloss (1970), McLachlan (1972) et Maister (1978).

2 Ce résultat est démontré en appendice.

Une fois les n_{mu} (m=1,...,M et u=1,...,U) évalués, il est possible de déterminer si certaines qualités (q_u) ont un effet sur les demandes d'intrants. Par la suite, sous l'hypothèse que la réglementation affecte à la baisse les qualités, on peut conclure à l'effet de la réglementation sur les demandes d'intrants et ainsi déterminer si les facteurs de production bénéficient ou non de la réglementation. De plus, la méthode permet de déterminer lesquels parmi ces derniers bénéficient de la réglementation et dans quelle mesure.

Cette méthode possède au moins une lacune importante : elle suppose un effet négatif de la réglementation sur les qualités. Une méthodologie plus valable devrait dans une première étape mesurer l'effet de la réglementation sur les qualités de la production puis, au cours d'une seconde étape, mesurer par 3.16 l'effet des qualités sur les demandes d'intrants. Cette façon de procéder permettrait de juger plus adéquatement si certains intrants bénéficient de la réglementation. Toutefois, il faut noter qu'à ce jour, aucun auteur n'a développé de méthodologie permettant de mesurer l'effet de la réglementation sur les qualités de la production.

3.3 Croissance de la productivité

Les résultats existant à ce jour dans la littérature indiquent que les principaux bénéficiaires de la réglementation de l'industrie du transport par camion sont les détenteurs de facteurs de production. Il apparaît en effet que la réglementation empêche les entreprises de faire des choix efficaces concernant leurs facteurs de production en obligeant, entre autres, les retours à vide et une fréquence de service excessive. Dans la plupart des cas, les bénéfices prennent la forme d'une sur-utilisation des intrants pour la production d'un niveau donné de service de transport.

Si la réglementation entraîne la sur-utilisation des intrants, alors la productivité dans l'industrie du transport par camion est plus faible qu'elle ne le serait sans réglementation, puisque la productivité est mesurée par le rapport entre la production et le niveau d'utilisation des

intrants. Ainsi, en comparant la tendance de la productivité au cours d'une période pour laquelle un changement de réglementation est survenu ou en comparant les tendances de la productivité de différents segments d'une industrie faisant face à des réglementations différentes, on peut être en mesure d'évaluer l'effet de la réglementation sur la productivité.

Par ailleurs, outre l'effet de la réglementation sur le niveau de la productivité, il est aussi permis de croire que la réglementation affecte la croissance de la productivité ou le progrès technique. En effet, la réglementation, en isolant de la concurrence les entreprises au sein de l'industrie, peut s'avérer être une désincitation à innover au plan de la technologie. Par conséquent, sous cette hypothèse, on devrait observer un taux de croissance de la productivité plus faible sous un régime de réglementation.

Une augmentation de la productivité signifie qu'avec les mêmes quantités d'intrants on peut produire davantage d'un bien ou d'un service. La croissance de la productivité implique donc des déplacements dans le temps de la fonction de production. Pour mesurer ces déplacements, on peut introduire une variable de tendance, prenant en compte le temps, dans la fonction de production puis estimer cette fonction. Cependant, nous avons déjà indiqué les difficultés rencontrées lors de l'estimation d'une fonction de production. On sait par contre qu'à une fonction de production se déplaçant dans le temps correspond une fonction de coût se déplaçant aussi dans le temps. Ainsi, à une fonction de production du type 1.3 se déplaçant dans le temps correspond la fonction de coût suivante :

$$C = \tilde{C}(y, q, w, T) \qquad (3.17)$$

où C représente le coût total de produire y étant donné les qualités q, les prix des intrants w et la date T, T étant un terme de tendance.

Prenant la dérivée totale du logarithme de cette équation par rapport au temps on obtient :

$$\frac{d\ell n\tilde{C}}{dT} = \sum_{n=1}^{N} \frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell n y_n} \frac{d\ell n y_n}{dT} + \sum_{m=1}^{M} \frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell n w_m} \frac{d\ell n w_m}{dT} \qquad (3.18)$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} \frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell n q_u} \frac{d\ell n q_u}{dT} + \frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial T} .$$

Les trois premiers termes de 3.18 représentent le taux de changement dans les coûts dû au taux de changement dans la production, les prix des intrants et les qualités de la production au cours du temps. Le dernier terme ($\partial \ell n\tilde{C}/\partial T$) représente l'effet pur de la productivité ou du progrès technique.

On peut aussi mesurer l'impact qu'exerce sur la croissance de la productivité ou le progrès technique les intrants (I_m), le niveau de production (S_m) et les qualités de la production (Q_u) :

$$I_m = \frac{\partial}{\partial \ell n w_m} \left(\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial T}\right) = \frac{\partial^2 \ell n\tilde{C}}{\partial T \partial \ell n w_m}, \quad m=1,\ldots,M$$

$$S_n = \frac{\partial}{\partial \ell n y_n} \left(\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial T}\right) = \frac{\partial^2 \ell n\tilde{C}}{\partial T \partial \ell n y_n}, \quad n=1,\ldots,N \qquad (3.19)$$

$$Q_u = \frac{\partial}{\partial \ell n q_u} \left(\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial T}\right) = \frac{\partial^2 \ell n\tilde{C}}{\partial T \partial \ell n q_u}, \quad u=1,\ldots,U .$$

De plus, $I_m > 0$ indique que le progrès technique a eu pour effet de favoriser l'utilisation de l'intrant m ($I_m < 0$ signifiant le contraire). $I_m = 0$ implique la neutralité du progrès technique sur l'intrant m. Lorsque $S_n < 0$ ($S_n > 0$), alors la taille minimale optimale des entreprises s'accroît (décroît) au cours du temps. $S_n = 0$ indique qu'il n'y a pas eu de changement de la taille minimale optimale au cours du temps. Enfin, $Q_u > 0$ ($Q_u < 0$)

implique un effet positif (négatif) de la qualité u sur le progrès technique ou la croissance de la productivité. $Q_u = 0$ implique la neutralité de q_u sur le progrès technique.

La fonction de coût 3.17 peut être approximée par la fonction translogarithmique hybride suivante :

$$\ell n\tilde{C}(y, q, w, T) = \ell n\tilde{C}(y, q, w) + \mu_T T + \frac{1}{2} J_{TT}(T)^2$$

$$+ \sum_{n=1}^{N} G_{nT} \frac{\left((y_n/\bar{y}_n)^{\Theta_1} - 1\right)}{\Theta_1} T + \sum_{m=1}^{M} H_{mT} \ell n(w_m/\bar{w}_m) T \qquad (3.20)$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} K_{uT} \frac{\left((q_u/\bar{q}_u)^{\Theta_2} - 1\right)}{\Theta_2} T .$$

où $\ell n\tilde{C}(y, q, w)$ est définie comme en 2.21 et $\sum_{m=1}^{M} H_{mT} = 0$ pour assurer l'homogénéité de degré 1 en w.

Appliquant 3.19 à l'équation 3.20 on obtient pour I_m, S_n et Q_u que :

$$\begin{aligned} I_m &= H_{mT}, && m=1,\ldots,M \\ S_n &= G_{nT} (y_n/\bar{y}_n)^{\Theta_1}, && n=1,\ldots,N \qquad (3.21) \\ Q_u &= K_{uT} (q_u/\bar{q}_u)^{\Theta_2}, && u=1,\ldots,U . \end{aligned}$$

De plus, l'effet résiduel du progrès technique non-expliqué par les intrants, la production ou les qualités de la production est donné par :

$$\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial T} = \mu_T + J_{TT} T , \qquad (3.22)$$

avec $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$.

L'approximation de $\tilde{C}$ par 3.20 ne permet pas aux termes d'ordre deux de la fonction de varier dans le temps. De plus, cette approximation force I_m, S_n et Q_u à être constants dans le temps. Cette approximation peut donc limiter en partie l'analyse du progrès technique. À la place de 3.20, Stevensen (1980) et Friedlaender et Schur Bruce (1985) proposent d'utiliser une approximation translogarithmique du troisième ordre en conservant les seuls termes d'ordre trois qui implique le temps. Par ailleurs, afin d'identifier de manière plus rigoureuse les sources du progrès technique ou de la croissance de la productivité, Friedlaender et Schur Bruce (1985) approximent au troisième ordre (en laissant tomber les termes n'impliquant pas le temps) la fonction de coût suivante :

$$C = \tilde{C}(\omega, \tau, \phi) = \hat{C}(y,q,w,T) , \qquad (3.23)$$

où $\omega_m = w_m e^{\varepsilon_m T}$, $\tau_u = q_u e^{\eta_u T}$ et $\phi_u = y_n e^{\Theta_n T}$.

L'approximation au troisième ordre d'une fonction de coût du type de 3.23 est en fait une version contrainte de l'approximation au troisième ordre de la fonction de coût 3.17.

4. CONCLUSION

Le but de cet article était de présenter la méthodologie utilisée pour l'analyse de la structure de la technologie dans l'industrie du transport par camion. Ainsi, partant du problème de minimisation des coûts nous avons dérivé la fonction de coût et avons démontré comment l'approximer à l'aide d'une expansion en séries de Taylor. De plus, nous avons montré comment, à partir de la connaissance de la structure de la technologie, on pouvait tirer certaines conclusions concernant la réglementation économique de l'industrie. Cette méthodologie, bien que fort valable dans son état actuel, contient néanmoins certaines lacunes. D'abord, soulignons que la forme translogarithmique de la fonction de coût est imposée a priori sur

cette dernière et ce, sans fondement apparent. Berndt et Khaled (1979) présentent une forme fonctionnelle alternative, forme qui est plus flexible et qui admet comme cas particulier la forme translogarithmique. Toutefois, l'estimation d'une fonction à forme flexible ne se fait pas sans heurts puisque cette dernière est non-linéaire dans les paramètres. Deuxièmement, la méthodologie actuelle ne garantit pas la concavité de la fonction de coût. Diewert et Wales (1987) proposent une méthode qui assure la concavité de la fonction de coût sans, toutefois, imposer de contraintes additionnelles lors de l'estimation. Enfin, cette méthodologie ne permet pas dans son état actuel de mesurer les effets de la réglementation sur les qualités de la production (q_u). Les développements futurs de la méthodologie présentée ici doivent, croyons-nous, aller dans ces trois directions.

APPENDICE

Elasticité de la demande de l'intrant x_m par rapport à la qualité q_u

À partir de la définition de l'élasticité, on a que

$$\eta_{mu} = \frac{\partial x_m}{\partial q_u} \frac{q_u}{x_m}, \qquad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U \end{matrix} . \tag{A.1}$$

Par le lemme de Shephard, $x_m = \dfrac{\partial \tilde{C}}{\partial w_m}$, donc :

$$x_m = \frac{\partial \tilde{C}}{\partial w_m} = \frac{\partial \ell n \tilde{C}}{\partial \ell n w_m} \frac{\tilde{C}}{w_m} . \tag{A.2}$$

La dérivée partielle de 2.21 par rapport à $\ell n w_m$ nous donne :

$$x_m = \left[\beta_m + \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{M} B_{ms} \ell n \left(w_s/\bar{w}_s\right) + \sum_{n=1}^{N} D_{nm} \frac{\left(\left(y_n/\bar{y}_n\right)^{\Theta_1} - 1\right)}{\Theta_1} \right. \tag{A.3}$$

$$\left. + \sum_{u=1}^{U} F_{mu} \frac{\left(q_u/\bar{q}_u\right)^{\Theta_2} - 1}{\Theta_2} \right] \frac{\tilde{C}}{\bar{w}_m}, \qquad m=1,\ldots,M .$$

Maintenant, prenant la dérivée partielle de A.3 par rapport à q_u on obtient :

$$\frac{\partial x_m}{\partial q_u} = \left[\frac{F_{mu}}{q_u} \frac{\tilde{C}}{w_m} \right] + \left[\frac{\beta_m}{w_m} \frac{\partial \tilde{C}}{\partial q_u} \right], \qquad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U \end{matrix} \tag{A.4}$$

avec $y_n = \bar{y}_n$, $w_s = \bar{w}_s$ et $q_u = \bar{q}_u$.

De plus, comme $\frac{\partial \tilde{C}}{\partial q_u} = \frac{\partial \ell n \tilde{C}}{\partial \ell n q_u} \frac{\tilde{C}}{q_u}$, alors on a que (pour $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$) :

$$\frac{\partial \tilde{C}}{\partial q_u} = \gamma_u \frac{\tilde{C}}{q_u} , \quad u=1,\ldots,U . \tag{A.5}$$

En substituant $\frac{\partial \tilde{C}}{\partial q_u}$ dans A.4, utilisant A.5, et multipliant A.4 de chaque côté par $\frac{q_u}{x_m}$ on obtient :

$$\frac{\partial x_m}{\partial q_u} \frac{q_u}{x_m} = \frac{\tilde{C}}{w_m x_m} [F_{mu} + \beta_m \gamma_u] , \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U . \end{matrix} \tag{A.6}$$

Finalement, comme $\frac{w_m x_m}{\tilde{C}} = \beta_m$ (pour $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$) on retrouve facilement l'expression 3.14, soit :

$$\eta_{mu} = \frac{\partial x_m}{\partial q_u} \frac{q_u}{x_m} = \frac{F_{mu}}{\beta_m} + \gamma_u , \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U . \end{matrix} \tag{A.7}$$

BIBLIOGRAPHIE

BARTEN, A.P. (1969) "Maximum Likelihood Estimation of a Complete System of Demand Equations", European Economic Review 1(1), 7-73.

BAUMOL, W.J., PANZAR, J.C. et WILLIG, R.D. (1982) Contestable Markets and the Theory of Industry Structure, Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York, 510 pages.

BERNDT, E.R. et KHALED, M.S. (1979) "Parametric Productivity Measurement and Choice among Flexible Functional Forms", Journal of Political Economy 87(6), 1220-1245.

CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R. et TRETHEWAY, M.W. (1980) "Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms", Review of Economics and Statistics 62(3), 477-481.

CHRISTENSEN, L.R. et GREENE, W.N. (1979) "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation", Journal of Political Economy 84(4), 655-676.

CHRISTENSEN, L.R., JORGENSEN, D.W. et LAU, L.J. (1973) "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", Review of Economics and Statistics 55(1), 28-45.

DIEWERT, W.E. (1974) "Applications of Duality Theory", in Frontiers of Quantitative Economics, volume II, M.D. Intriligator et D.A. Kendrick, éditeurs, North-Holland.

DIEWERT, W.E. (1982) "Duality Approaches to Microeconomic Theory", in Handbook of Mathematical Economics, volume II, K.J. Arrow et M.D. Intriligator, éditeurs, North-Holland.

DIEWERT, W.E. et WALES, T.J. (1987) "Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions", Econometrica 55(1), 43-68.

DIONNE, G. et GAGNÉ, R. (1986), "Models and Methodologies in the Analysis of Regulation Effects in Airline Markets", publication #486, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, août. A paraître dans International Journal of Transport Economics.

FRIEDLAENDER, A.F. et SCHUR BRUCE, S. (1985) "Augmentation Effects and Technical Change in the Regulated Trucking Industry, 1974-1979", in Analytical Studies in Transport Economics, A.F. Daughety, éditeur, Cambridge University Press, Cambridge.

FRIEDLAENDER, A.F. et WANG CHIANG, S.J. (1983) "Productivity Growth in the Regulated Trucking Industry", in Research in Transport Economics, volume I, T.E. Keeler, éditeur, JAI Press Inc.

FRIEDLAENDER, A.F. et WANG CHIANG, S.J. (1984) "Output Aggregation, Network Effects, and the Measurement of Trucking Technology", Review of Economics and Statistics 66, 267-276.

KIM, M. (1984) "The Beneficiaries of Trucking Regulation Revisited", Journal of Law and Economics 27(1), 227-241.

KMENTA, J. et GILBERT, R.F. (1968) "Small Sample Properties of Alternative Estimators of Seemingly Unrelated Regressions", Journal of the American Statistical Association 63, 1180-1200.

MAISTER, D.H. (1978) "Regulation and the Level of Trucking Rates in Canada: Additional Evidence", Transportation Journal 8(2), 49-62.

McFADDEN, D. (1978) "Cost, Revenue, and Profit Functions", in Productions Economics: A Dual Approach to Theory and Applications, volume I, M. Fuss et D. McFadden, éditeurs, North-Holland.

McLACHLAN, D.L. (1972) "Canadian Trucking Regulations", The Logistics and Transportation Review 8(1), 59-81.

NADIRI, M.I. (1982) "Producers Theory", in Handbook of Mathematical Economics, volume II, K.J. Arrow et M.D. Intriligator, éditeurs, North-Holland.

PELTZMAN, S. (1976) "Toward a More General Theory of Regulation", Journal of Law and Economics 19(2), 211-248.

SHEPHARD, S. (1976) Cost and Production Functions, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 102 pages.

SLOSS, J. (1970) "Regulation of Motor Freight Transportation: A Quantitative Evaluation Policy", Bell Journal of Economics 1(2), 327-366.

SPADY, R. et FRIEDLAENDER, A.F. (1976) "Econometric Estimation of Cost Functions in the Transportation Industries", C.T.S. report, numéro 76-13, M.I.T., 98 pages.

SPADY, R. et FRIEDLAENDER, A.F. (1978), "Hedonic Cost Functions for the Regulated Trucking Industry", Bell Journal of Economics 9(1), 159-179.

STEVENSON, R. (1980) "Measuring Technological Bias", American Economic Review 70(1), 162-173.

STIGLER, G.J. (1970) "The Theory of Regulation", Bell Journal of Economics and Management Science 2(3), 3-21.

VARIAN, H.R. (1984) Microeconomic Analysis, 2ième édition, W.W. Norton and Company, New York, 348 pages.

WALES, T.J. (1977) "On the Flexibility of Flexible Functional Forms", Journals of Econometrics 5(2), 183-193.

ZELLNER, A. (1962) "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests of Aggregation Bias", Journal of the American Statistical Association 57, 348-368.